

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 48 952 A 1

51 Int. Cl. 7:  
G 01 B 21/04  
G 01 B 11/03  
B 25 J 19/02

21 Aktenzeichen: 100 48 952.4  
22 Anmeldetag: 4. 10. 2000  
43 Offenlegungstag: 11. 4. 2002

DE 100 48 952 A 1

71 Anmelder:  
AMATEC Robotics GmbH, 82110 Germering, DE  
74 Vertreter:  
Lichti und Kollegen, 76227 Karlsruhe

72 Erfinder:  
Rawiel, Gerd, 86157 Augsburg, DE; Roßner,  
Michael, 31020 Salzhemmendorf, DE; Hietmann,  
Gerhard, 86405 Meitingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- 54 Vorrichtung und Verfahren zur Aufnahme der Koordinaten von Raumpunkten, insbesondere an einem Werkstück
- 57 Zur zeitoptimierten und genauen Bestimmung der räumlichen Situation in einer Arbeitszelle, insbesondere der eines Roboters, insbesondere zur Bestimmung von Arbeitspunkten, unter Gewährleistung der Sicherheit eines Bedieners und Vermeidung von zusätzliche Installationen in der Roboterzelle, sieht die Erfindung eine Vorrichtung zur Aufnahme der Koordinaten unbekannter Arbeitspunkte, insbesondere an einem Werkstück, wie zur Bearbeitung mittels eines Roboters, vor, die eine Tasteinrichtung mit einem Tastelement zur Erfassung des Arbeitspunktes aufweist, bei der die Tasteinrichtung mindestens einen Sensor aufweist und dass zumindest eine separate, von der Tasteinrichtung räumlich getrennte Referenzeinheit mit mindestens einer Referenzmarkierung vorgesehen ist, wobei bei einem Sensor die Referenzeinheit mehrere Referenzmarkierungen aufweist und bei mehreren Sensoren die Referenzeinheit mindestens eine Referenzmarkierung aufweist. Die Erfindung sieht weiterhin ein Verfahren zum Aufnehmen unbekannter Arbeitspunkte, insbesondere an einem Werkstück, wie zum Bearbeiten mittels eines Roboters, vor, bei dem eine Referenzeinheit an einem vorgegebenen Ort im Raum angeordnet wird und dass Arbeitspunkte mit mindestens einer ein Tastelement und mindestens einen Sensor aufweisenden Tasteinrichtung abgetastet werden, wobei die Tasteinrichtung in geeigneter Weise ausgerichtet wird, die Relativposition der Tasteinrichtung zu der Referenzeinheit mittels des oder der Sensoren erfasst wird.

DE 100 48 952 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufnahme der Koordinaten von Raumpunkten, insbesondere an einem Werkstück, wie zur Bearbeitung mittels eines Roboters, die eine Tasteinrichtung mit einem Tastelement zur Erfassung eines Raumpunktes aufweist, sowie ein Verfahren zum Aufnehmen der Koordinaten von Raumpunkten, insbesondere an einem Werkstück, wie zum Bearbeitung mittels eines Roboters.

[0002] In klassischer Weise erfolgt die Programmierung von Arbeitsschritten eines Roboters an einem Werkstück derart, dass der Roboter mit seinem Werkzeug von Hand an den entsprechenden Arbeits- oder Wirkpunkt (Tool-Center-Point TCP) des Werkstücks gefahren wird und diese Position dann erfasst wird. Dies ist aufwendig und mit Gefahren für den Bediener verbunden. Es wurde schon vorgeschlagen, die Lage eines - passiven - Programmierhilfsmittels an einem Raumpunkt mittels ortsfester Kameras zu erfassen. Hierzu sind die Kameras in der Arbeitszelle zunächst zu installieren und nach Erfassung wieder wegzuräumen, was ebenfalls mit einem erheblichen Aufwand, insbesondere Zeitaufwand verbunden ist.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Aufnahme unbekannter Arbeitspunkte, insbesondere Arbeitspunkte an einem Werkstück zur Bearbeitung durch einen Roboter zu schaffen, mittels derer eine zeitoptimierte und genaue Erfassung einer räumlichen Situation in einer Roboterzelle, insbesondere von Arbeitspunkten unter Gewährleistung der Sicherheit des Programmierers und unter Vermeidung von zusätzlichen Installationen in der Zelle erreicht werden kann.

[0004] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass die Tasteinrichtung mindestens einen Sensor aufweist und dass zumindest eine separate, von der Tasteinrichtung räumlich getrennte Referenzeinheit mit mindestens einer Referenzmarkierung vorgesehen ist, wobei bei einem Sensor die Referenzeinheit mehrere Referenzmarkierungen aufweist und bei mehreren Sensoren die Referenzeinheit mindestens eine Referenzmarkierung aufweist.

[0005] Zur Lösung der Aufgabe sieht die Erfindung weiterhin bei einem gattungsgemäßen Verfahren vor, dass eine Referenzeinheit an einem vorgegebenen Ort im Raum angeordnet wird und dass Arbeitspunkte mit einer, mindestens ein Tastelement und mindestens einen Sensor aufweisenden, Tasteinrichtung abgetastet werden, wobei die Tasteinrichtung in geeigneter Weise ausgerichtet wird, und die Relativposition der Tasteinrichtung zu der Referenzeinheit mittels des oder der Sensoren erfasst wird.

[0006] Die Erfindung geht dabei davon aus, dass der Arm eines Roboters, insbesondere seine Hand bzw. deren Endeffektor im Raum (bezüglich der Erde) durch einen translatorischen und einen rotatorischen Anteil mit jeweils drei Koordinaten, also insgesamt durch sechs Koordinaten erfasst werden kann. Seine Konstruktionsmaße sind bekannt, so dass für jeden Raumpunkt im Arbeitsraum über eine Rückwärtstransformation die zugehörigen Gelenkwinkel in der Robotersteuerung errechnet werden können. Durch Einleiten der Achsbewegung kann der Arbeits- bzw. Wirkpunkt (Tool Center Point TCP) in die gewünschte Raumposition gebracht werden. Hierdurch wird die Robotersteuerung in die Lage versetzt, den Wirkpunkt entsprechend seiner Arbeitsaufgabe zu positionieren, d. h. entsprechende Achsstellungen zu berechnen. Zwischen der Sensoren und dem Tastelement besteht ein bekannter raumfester Bezug.

[0007] Die Sensoren der erfindungsgemäßen Vorrichtung

erfassen die Referenzmarkierung und sind derart im Stande, die Position des Wirkpunktes, repräsentiert durch das Tastelement und die Orientierung der Tasteinrichtung in Relation zu den Referenzmarkierungen zu erfassen. Es sind unterschiedliche Sensorprinzipien und damit Sensoren anwendbar, wie optische Sensoren, einschließlich Lasersensoren, Ultraschall, Infrarot, Funkpeiltechniken oder dgl.

[0008] Das Tastelement kann unterschiedlich ausgebildet sein, beispielsweise mechanisch berührend als Kugel, als Dreibein, als Spitze oder dgl. Sie kann auch berührungslos als Lichtprojektion mit geeigneter Abstandseinstellhilfe ausgebildet sein.

[0009] In bevorzugter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Tastelement der Tasteinrichtung austauschbar ist. Hierbei können die Länge und andere Korrekturgrößen der Tastelemente über lesbare Codierungen in der Tasteinrichtung erkannt werden.

[0010] In weiterer bevorzugter Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das Tastelement federnd an der Tasteinrichtung angeordnet ist und eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung des Federwegs vorgesehen ist.

[0011] Eine andere Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das Tastelement und die Sensoren der Tasteinrichtung relativ zueinander definierte Stellungen verschwenkbar sind. Hierdurch kann die Herstellung eines einwandfreien Blickkontaktes zwischen den Sensoren und den Referenzmarkierungen erleichtert werden, da die Tasteinrichtung mit einem beweglichen Kopf ausgestattet ist, der in mehreren Richtungen definierte Winkeleinstellungen einnehmen kann. Die eingestellten Winkeleinstellungen können codiert abgegriffen und ausgewertet werden.

[0012] In weiterer bevorzugter Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Tasteinrichtung eine Lichtquelle aufweist. Hierdurch kann beispielsweise eine Musterprojektion auf die Referenzmarkierungen vorgenommen werden. Auf diese Weise wird eine Probeausrichtung zu den Referenzmarkierungen erleichtert.

[0013] Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass die Einrichtung eine Tastatur und ein Display aufweist. Über Tastatur und Display können Ein- und Ausgabungen erfolgen. So können dem Bediener Gut- oder Schlechtinformationen gegeben, Bearbeitungshinweise abgerufen sowie Makros initialisiert werden. Die Tasteinrichtung kann hierzu eine eigene Intelligenz, also eine eigene Rechneinheit aufweisen.

[0014] Die Datenübertragung zwischen der Tasteinrichtung und der mit ihr gekoppelten Steuerung kann in beliebiger Weise realisiert werden; sie erfolgt vorzugsweise drahtlos über Funk oder Infrarot; sie kann aber auch drahtgebunden erfolgen. Hinsichtlich der Verteilung der Elektronik bestehen ebenfalls verschiedene Möglichkeiten, so kann diese vollständig in der portablen Tasteinrichtung untergebracht sein oder ganz oder teilweise in einem externen stationären Gehäuse.

[0015] In weiterer Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Tasteinrichtung mit einer Zusatzeinrichtung, wie einer geometrischen Nachbildung eines Roboterwerkzeugs oder eines Teiles davon (Punktschweißzange, Klebedüse usw.) gekoppelt ist. Hierdurch kann die Vorstellung des Bedieners beim Erfassen der Arbeitspunkte unterstützt werden.

[0016] Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass eine Referenzeinheit ortsfest angeordnet ist. Hierdurch ist eine leichtere Freihaltung des Sensorblickfeldes möglich und eine räumliche Behinderung entfällt.

[0017] Zusätzlich oder alternativ kann in äußerst bevorzugter Weise vorgesehen sein, dass eine Referenzeinheit roboterfest, insbesondere an der Roboterhand angeordnet ist. Hierdurch wird eine höhere Genauigkeit aufgrund des Weg-

falls zusätzlicher räumlicher Bezüge erreicht, insbesondere wenn die Referenzeinheit unmittelbar an der Roboterhand angeordnet ist. Abweichungen von der theoretisch-mathematischen Genauigkeit, wie verursacht durch Schiefelauf, Nichtlinearität, Maßabweichung, Ausdehnung, Elastizität etc. wirken sich um so geringer aus, je näher die Roboterstellung der eigentlichen Arbeitsstellung (Arbeitspunkt) liegt, d. h. bei Anbringen der Referenzmarkierungen an oder nahe der Roboterhand und einer arbeitspunktnahen Roboterstellung wird eine hohe Erfassungs- und Programmiergenauigkeit erreicht, die robotereigene Fehler weitgehend berücksichtigt.

[0018] In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass eine Referenzeinheit an einem vorgegebenen Ort im Raum angeordnet wird und dass Arbeitspunkte mindestens durch ein Tastelement und durch mindestens einen Sensor aufweisende Tasteinrichtung abgetastet werden, wobei die Tasteinrichtung in geeigneter Weise ausgerichtet wird, die Relativposition der Tasteinrichtung zu der Referenzeinheit mittels des oder der Sensoren erfasst wird und/oder dass aufgrund der erfassten Relativposition die Absolutposition und -ausrichtung der Tasteinrichtung im Raum bestimmt wird.

[0019] Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung im einzelnen erläutert ist. Dabei zeigt:

[0020] Fig. 1 eine Arbeitszelle mit Werkstück in Form einer Karosserie und mit einem Roboter sowie eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Aufnehmen unbekannter Arbeitspunkte am Werkstück; und

[0021] Fig. 2 eine genauere Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer Tasteinrichtung mit Datenübertragungsweg.

[0022] Eine Arbeitszelle 1 ist durch Begrenzungen 2, 3 definiert. In der Arbeitszelle 1 findet sich ein Werkstück 4 in Form einer Karosserie, deren Blechteile 5 und 6 die über Schweißpunkte 7 als Arbeitspunkte befestigt werden sollen.

[0023] Es ist weiterhin ein Roboter 8, insbesondere ein üblicher Sechssachsenroboter, mit einer Schweißzange 9 zum Verschweißen der Karosserieteile an den Arbeitspunkten 7 vorgesehen.

[0024] Um dem Roboter Raumpunkte einzugeben, an allen beispielsweise nach Arbeitspunkten Arbeitsvorgänge wie Punktschweißen auszuführen sind, d. h. den Roboter zu lehren (teachen) wo er beispielsweise Verschweißungen vornehmen soll, ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Aufnahme der zunächst unbekannten Arbeitspunkte mit einer Tasteinrichtung 11 und einer Referenzeinheit 12 vorgesehen. Die Tasteinrichtung 11 weist ein Tastelement 13, hier in Form einer mechanischen Tastspitze, sowie Sensoren 14, im dargestellten Ausführungsbeispiel drei Sensoren, auf, deren räumliche Beziehung zur Tastspitze 13 definiert ist.

[0025] Die Referenzeinheit 12 weist (im dargestellten Ausführungsbeispiel) mehrere Referenzmarkierungen 15 auf. Grundsätzlich gilt, dass bei einem Sensor an der Tasteinrichtung mehrere, vorzugsweise mindestens drei Referenzmarkierungen an der Referenzeinheit vorgesehen sein müssen, bei mehreren, insbesondere drei Sensoren 14 der Tasteinrichtung 11 reicht grundsätzlich eine Referenzmarkierung 15 der Referenzeinheit 12, um in beiden Fällen nicht nur den Ort des Arbeitspunktes 7, an dem das Tastelement 13 angreift, sondern auch die Ausrichtung der Tasteinrichtung 11 vom Arbeitspunkt 7 aus im Raum zu bestimmen, die beispielsweise der Richtung des Angreifens des Arbeitswerkzeugs, wie hier der Schweißzange 9 entspricht.

[0026] Aufgrund der festen Anbringung der Referenzein-

heit 12 an der Roboterhand 16 ist bei bekannter Positionierung des Roboters 8 im Raum die Anordnung der Referenzmarkierungen 15 im Raum bestimmt und es kann durch die Erfassung des Ortes der Sensoren über dieselben anhand der Referenzeinheit 12 und die bekannte Beziehung zwischen den Sensoren 14 und dem Tastelement 13 an der Tasteinrichtung 11 der genaue Ort und die Ausrichtung des Tastelements 13 demgemäß rechnerisch über einen Rechner 17 bestimmt und zur Steuerung des Roboters 8 beim Arbeiten mittels dessen Steuereinheit 18 verwendet werden.

[0027] Zur Positionierung des Roboters aktiviert der Bediener die Antriebe des Roboters und fährt in manuellen Betrieb mittels der Start-Taste und Zustimmungsschalter des Roboters den Roboterarm mit der Hand 16 in die vorgesehene Messstellung. Nach Deaktivieren der Antriebe kann die Aufnahme der Koordination der Arbeitspunkte beginnen.

[0028] Zur Bestimmung der Raumkoordinaten der Arbeitspunkte 7 und der zum Arbeiten erforderlichen Orientierung des Werkzeugs 9 beim Angreifen an denselben setzt der Bediener das Tastelement 13 auf einen zu programmierenden Arbeitspunkt 7 auf und richtet die Tasteinrichtung und mit ihr eben das Tastelement 13 in der zum Bearbeiten vorgesehenen Weise aus. Damit die Sensoren 14 die Referenzmarkierungen auch unter geeigneten Winkeln 10 "sehen können" wurde vorher der Roboterarm in eine geeignete Position gebracht/bewegt. Nach Ansetzen und Ausrichten der Tasteinrichtung gibt der Bediener einen Eingabebefehl, beispielsweise durch Drücken einer Taste, woraufhin die von den Sensoren gemessenen Relativposition in Bewegung zu den Referenzmarkierungen dem Rechner 17 übergeben und dort in einen Roboter-Bewegungsbefehl übertragen werden.

[0029] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, Koordinaten beliebiger Punkte in einer Zelle zu bestimmen und zwar neben den Koordinaten eines Werkstücks auch solche von Werkstückaufnahmen und weiterer Elementen. Insbesondere kann mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren auch eine Vermessung des Arbeitswerkzeugs, wie der am Roboter vorzusehenden Schweißzange selbst relativ zum Roboter vorgenommen werden, indem beispielsweise die Tasteinrichtung 11 mit ihrem Tastelement 13 an verschiedenen Punkten des Arbeitswerkzeugs 9 (Schweißzange) angesetzt und deren Relativposition zu den Referenzmarkierungen 15 und damit zur Hand 16 des Roboters bestimmt wird.

[0030] Da die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren eine sehr komfortablere und zeitsparende Methode zur Punktaufnahme beinhalten, können ohne Zeitnachteil auch zusätzlich zu den prozesstechnisch notwendigen Arbeitspunkten (Schweißpunkten) genügend Hilfspunkte erzeugt werden, die als Art Basis für eine automatische Generierung einer Bahn bzw. von kompletten Verfahrensprogrammen für den Roboter dienen können. Hierdurch kann insbesondere eine hindernis- und damit kollisionsfreie Bahn für den Roboter erzeugt werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Arbeitszelle
- 2 Begrenzung
- 3 Begrenzung
- 4 Werkstück
- 5 Verkleidungselemente
- 6 Holme
- 7 Schweißpunkte
- 8 Roboter
- 9 Schweißzange

- 11 Tasteinrichtung
- 12 Referenzeinheit
- 13 Tastelement
- 14 Sensoren
- 15 Referenzmarkierungen
- 16 Roboterhand
- 17 Rechner
- 18 Steuereinheit

tung im Raum bestimmt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund der erfassten Position und Ausrichtung der Tasteinrichtung ein Bewegungsbefehl für einen Roboter zum Anfahren des Raumpunktes oder zum Arbeiten am Raumpunkt generiert wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

10

1. Vorrichtung zur Aufnahme vor unbekannter Raumpunkten, insbesondere an einem Werkstück, wie zur Bearbeitung mittels eines Roboters, die eine Tasteinrichtung mit einem Tastelement zur Erfassung eines Raumpunktes aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tasteinrichtung (11) mindestens einen Sensor (14) aufweist und das zumindest eine separate, von der Tasteinrichtung räumlich getrennte Referenzeinheit (12) mit mindestens einer Referenzmarkierung (15) vorgesehen ist, wobei bei einem Sensor (14) die Referenzeinheit (12) mehrere Referenzmarkierungen aufweist und bei mehreren Sensoren (14) die Referenzeinheit (12) mindestens eine Referenzmarkierung aufweist. 15
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastelement (13) der Tasteinrichtung (11) austauschbar ist. 20
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastelement (13) federnd an der Tasteinrichtung (11) angeordnet ist und eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung des Federwegs vorgesehen ist. 25
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastelement (13) und die Sensoren (14) der Tasteinrichtung (11) relativ zueinander in definierte Stellungen verschwenkbar sind. 30
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Tasteinrichtung (11) eine Lichtquelle aufweist. 35
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Tastatur und ein Display aufweist. 40
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Referenzeinheit (12) ortsfest angeordnet ist. 45
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Referenzeinheit roboterfest, insbesondere an der Roboterhand (16) angeordnet ist. 50
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzeinheit (12) eine Tafel mit mehreren Referenzmarkierungen (15) aufweist. 55
10. Verfahren zum Aufnehmen von Raumpunkten, insbesondere an einem Werkstück, wie zum Bearbeiten mittels eines Roboters, dadurch gekennzeichnet, dass eine Referenzeinheit an einem vorgegebenen Ort im Raum angeordnet wird und dass Raumpunkte mit einer mindestens ein Tastelement und mindestens einen Sensor aufweisenden Tasteinrichtung angetastet werden, wobei die Tasteinrichtung in geeigneter Weise ausgerichtet wird, die Relativposition der Tasteinrichtung zu der Referenzeinheit mittels des oder der Sensoren erfasst wird. 60
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund der erfassten Relativposition die Absolutposition und -ausrichtung der Tasteinrichtung im Raum bestimmt werden. 65

- Leerseite -

